



Självständigt arbete i energisystem 15 hp  
Juni 2026

# Analys av energistyrssystem i svenska kyrkor

---

Alva Andersson, Elin Björklund, Elis Ekeberg,  
Marcus Linder, Josefin Lindström, Daniella Shima,  
Teo Trulsson, Alfred Ädel Kronberg

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för energi och teknik  
Uppsala universitet  
Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten  
Institutionen för fysik och astronomi  
Civilingenjörsprogrammet i energisystem  
Uppsala 2026

# Analys av energistyrssystem i svenska kyrkor

*Analysis of Energy Management Systems in Swedish Churches*

Alva Andersson, Elin Björklund, Elis Ekeberg, Marcus Linder,  
Josefin Lindström, Daniella Shima, Teo Trulsson, Alfred Ädel Kronberg

**Handledare:** Emma Bromark, SLU. institutionen för energi och teknik  
**Examinator:** Anders Larsolle, SLU, institutionen för energi och teknik  
Håkan Rensmo, Uppsala universitet. Institutionen för fysik och astronomi

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i energisystem  
**Kurskod:** SLU: EX0946  
Uppsala universitet: 1FA311  
**Program/utbildning:** Civilingenjörsprogrammet i Energisystem  
**Kursansvarig inst.:** Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för energi och teknik  
Uppsala universitet  
Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten  
Institutionen för fysik och astronomi  
**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2026  
**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.  
**Serietitel (SLU EX0946):** Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)  
**Delnummer i serien:** 2026:11  
**ISSN:** 1654-9392  
  
**Nyckelord:** styrstrategi, kyrka, effekttariff, batterilager, energianvändning, energistyrssystem, styralgoritm

## Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för energi och teknik

## Uppsala universitet

Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten  
Institutionen för fysik och astronomi

# Sammanfattning

Byggnadssektorn står för cirka en femtedel av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser. För att uppnå EU:s och Sveriges klimatmål krävs en omfattande omställning av sektorn, där energieffektivisering utgör en central åtgärd. I kulturhistoriska byggnader begränsas dock möjligheterna till energieffektivisering av krav på bevarande av byggnadernas kulturhistoriska värde. Uppvärmningen av kulturhistoriska byggnader utgör därför en betydande utmaning.

I detta arbete utvecklas en modellerad styrstrategi som anpassar uppvärmningen utifrån rådande elpris. Syftet är att genom simulering utvärdera strategins potential att minska energianvändning och energikostnader i kulturhistoriska byggnader. Analysen genomfördes på tre kulturhistoriska byggnader: Ysby kyrka, Norra Hestra kyrka och Ny kyrka. Resultaten visade att elprisstyrning medförde minskad energianvändning och energikostnader för Ysby kyrka och Ny kyrka. För Norra Hestra kyrka ökade däremot både energianvändningen och energikostnaden vid tillämpning av styrstrategin.

Arbetet undersökte även batterilager och effekttariffer i kombination med styrstrategin. Effektbehovet med styrstrategin i Ysby kyrka simulerades och det undersöktes hur ett batterilager kan påverka effekttarifferna. Resultaten visar att styrstrategin kan ge högre effekttoppar och därmed ökade effektkostnader, medan batterilager kan minska dessa genom att kapa effekttopparna.

För att stärka resultatens tillförlitlighet och skapa djupare förståelse för under vilka förutsättningar styrstrategin är fördelaktig genomfördes en scenarioanalys och känslighetsanalys. I scenarioanalysen utvärderades modellens prestanda under alternativa elpriserscenarier med både högre och lägre elpriser än de som användes i den ursprungliga simuleringen, för att analysera hur variationer i elpriset påverkar energianvändningen och energikostnader. Känslighetsanalysen visade att modellen som helhet uppvisar god robusthet, vilket indikerar att resultaten är stabila vid variationer i de analyserade parametrarna.

**Nyckelord:** Styrstrategi, Kyrka, Effekttariff, Batterilager, Energianvändning, Energistyrssystem, Styralgorithm.

# Abstract

The construction and building sector accounts for approximately one-fifth of Sweden's total greenhouse gas emissions. To achieve the climate goals of both the EU and Sweden, a comprehensive transformation of the sector is required, where energy efficiency measures constitute a central action. In buildings of cultural heritage value, however, the opportunities for energy efficiency improvements are limited by requirements to preserve the building's historical and cultural value. The heating in those buildings therefore represents a significant challenge.

In this study, a modeled control strategy is developed that adapts heating based on prevailing electricity prices. The purpose is to evaluate, through simulation, the strategy's potential to reduce energy use and energy costs in heritage buildings. The analysis was conducted on three churches: Ysby Church, Norra Hestra Church and Ny Church. The results showed that electricity price-driven control led to reduced energy use and lower energy costs for Ysby Church and Ny Church. For Norra Hestra Church, however, both energy use and energy costs increased when applying the control strategy.

The study also investigated battery storage and power tariffs in combination with the control strategy. The power demand with the control strategy in Ysby Church was simulated, and it was investigated how a battery storage system can effect the power tariffs. The results show that the control strategy can lead to higher peak demand tariffs and increased demand charges, while battery storage can reduce them by shaving the peak demand.

To strengthen the reliability of the results and improve the understanding of the conditions under which the control strategy is beneficial, scenario and sensitivity analyses were conducted. In the scenario analysis, the model's performance was evaluated under alternative electricity price scenarios, to analyze how variations in electricity prices affect energy use and energy costs. The sensitivity analysis demonstrated that the model as a whole exhibits good robustness, indicating that the results are stable despite variations in the analyzed parameters.

**Keywords:** Control strategy, Church, Power tariff, Battery storage, Energy consumption, Energy management system, Control algorithm.

# Förord

Detta arbete bygger på att förstå och analysera utmaningar kopplat till energi inom Svenska kyrkan. Utvärdering och analys inom värmestyrning efterfrågas av Svenska kyrkan där arbetet kan ligga som grund för vidare forskning och utveckling av system för uppvärmning av Svenska kyrkans fastigheter.

# Innehåll

|          |                                                |           |
|----------|------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inledning</b>                               | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>Material och metoder</b>                    | <b>8</b>  |
| 2.1      | Fakta om kyrkorna . . . . .                    | 8         |
| 2.2      | Data . . . . .                                 | 9         |
| 2.3      | Förutsättningar . . . . .                      | 9         |
| 2.4      | Modell . . . . .                               | 9         |
| 2.5      | Effekttariffer och elpriser . . . . .          | 10        |
| 2.6      | Batterilager . . . . .                         | 11        |
| 2.7      | Effektbehov . . . . .                          | 12        |
| 2.8      | Scenarioanalys . . . . .                       | 12        |
| 2.9      | Känslighetsanalysanalys . . . . .              | 13        |
| 2.10     | Antaganden . . . . .                           | 13        |
| <b>3</b> | <b>Resultat</b>                                | <b>14</b> |
| 3.1      | Ysby kyrka . . . . .                           | 14        |
| 3.2      | Norra Hestra kyrka . . . . .                   | 15        |
| 3.3      | Ny kyrka . . . . .                             | 17        |
| 3.4      | Effekttariffer . . . . .                       | 18        |
| 3.5      | Batterilager . . . . .                         | 18        |
| 3.6      | Scenarioanalys Norra Hestra kyrka . . . . .    | 19        |
| 3.6.1    | Scenario 1 . . . . .                           | 19        |
| 3.6.2    | Scenario 2 . . . . .                           | 19        |
| 3.7      | Känslighetsanalys Norra Hestra kyrka . . . . . | 20        |
| <b>4</b> | <b>Diskussion</b>                              | <b>21</b> |
| 4.1      | Effekttariffer . . . . .                       | 22        |
| 4.2      | Batterilager . . . . .                         | 22        |
| 4.3      | Scenarioanalys . . . . .                       | 22        |
| 4.4      | Känslighetsanalys . . . . .                    | 23        |
| 4.5      | Osäkerheter och upptäckter . . . . .           | 23        |
| 4.6      | Användning av AI . . . . .                     | 23        |
| <b>5</b> | <b>Slutsatser</b>                              | <b>24</b> |
| <b>6</b> | <b>Delrapporter</b>                            | <b>27</b> |
| 6.1      | Delrapport 1 . . . . .                         | 27        |
| 6.2      | Delrapport 2 . . . . .                         | 27        |

# 1 Inledning

Byggnader i Sverige står idag för ca 40 % av Sveriges energianvändning som går till elförbrukning och uppvärmning. Det medför att byggnadernas växthusgasutsläpp ur ett livscykelperspektiv står för drygt en femtedel av Sveriges totala utsläpp (Naturvårdsverket, 2026). För att nå EU:s och Sveriges klimatmål behövs nya lösningar och idéer för att minska energianvändningen (Energimyndigheten, 2025). För att kunna uppnå klimatmålen behöver byggnadssektorn genomgå en förändring där energieffektivisering är en avgörande pusselbit. (Naturskyddsföreningen, 2025).

Svenska kyrkan äger idag runt 20 000 fastigheter, varav cirka 3400 av dem är kyrkor (Svenska kyrkan, 2025b). Svenska kyrkan har som mål att vara klimatneutralt 2030 (Svenska kyrkan, 2018).

Verbeke & Audenaert (2018) har studerat byggnaders termiska egenskaper och hur det påverkar energipretandern. Det framkommer att den termiska trögheten är avgörande men att dess effekt varierar beroende på byggnadens geografiska läge, utformning och användning. Resultaten gav slutsatsen att termisk tröghet kan bidra till lägre energianvändning, jämnare inomhustemperatur och minskade effektoppar men att byggnadens effektanvändning varierar beroende på konstruktion, användning och klimat.

Vidare undersökte Lindblom och Sandö (2015) olika styrstrategier för inomhusklimat i historiska byggnader. Fokuset var på sambandet mellan termisk komfort, bevarande av kulturhistoriska värden och energieffektivitet. Studien visade att aktiv klimatstyrning kan minska energianvändningen samtidigt som lämpliga temperaturer och fuktnivåer upprätthålls för byggnadens inventarier. De betonar även att styrningen bör utgå från både temperatur och relativ luftfuktighet eftersom enbart temperaturstyrning är inte tillräckligt för att undvika fuktrelaterade skador.

Wessberg, Vyhlídal och Broström (2019) presenterade en modellbaserad styrmetod för intermittent uppvärmning av kulturhistoriska byggnader. Studien visar att styrningen kan användas för att begränsa variationer i relativ fuktighet. Samtidigt visar den att byggnadens termiska tröghet kan utnyttjas för att förutsäga när uppvärmningen behöver påbörjas för att uppnå önskad temperatur vid en bestämd tidpunkt.

Friberg & Sessman (2011) har arbetat med hur ett digitalt styr- och regelsystem kan påverka energiförbrukningen i Leksbergs kyrka. Studien analyserar då ett styrsystem som reglerar värmen i kyrkan efter den faktiska användningen och utvärderar därefter de ekonomiska vinsterna och energibesparingarna. I resultatet framkommer det att styrningen gav en energibesparing på 66 %. En problematik som utpekades var att stora temperaturförändringar kan ge upphov till variationer i den relativa fuktigheten som i sin tur kan orsaka skada på inventarier.

Ur ett annat perspektiv undersökte Rasku m.fl. (2023) användningen av ekonomisk modell för styrning av byggnaders uppvärmningssystem. Genom att optimera uppvärmningen från timvisa elpriser och sedan utnyttja byggnadens termiska tröghet kunde energianvändningen förskjutas till perioder då elpriset var lägre. Detta resulterade i en kostnadsbesparing på 3,1-17,5% samtidigt som byggnadernas temperatur hölls inom de definierade

gränserna.

Svenska kyrkan (2021) har i en studie om energibesparing och batterilager visat att batterilager kan minska energikostnaderna i kyrkorna genom att lagra energi när elpriset är lågt och möjliggöra försäljning av el eller användning av lagrad energi när elpriserna är höga. Steglös effektreglering i kombination med batterilager menar studien också är ett sätt att minska kostnaderna eftersom höga effekttoppar då minimeras. Resultatet i studien visar att kyrkor som används sällan och värms upp med direktverkande el har störst nytta av batterilager.

Svenska kyrkan har påbörjat ett samarbete med JEFF Electronics där ett befintligt styrsystem (CC Kyrka) utvecklats med en elprisstyrd styralgorithm som anpassar uppvärmningen till rådande elpris för att minimera kyrkans energikostnader. Det togs i drift under februari 2026 och har implementerats i pilotkyrkorna Ysby kyrka, Norra Hestra kyrka och Ny kyrka.

Syftet med arbetet är att genom simulering utvärdera strategier för energistyrning i kulturhistoriska byggnader. Arbetet avser att undersöka hur olika styr-scenarier påverkar energianvändning och ekonomi med fokus på en minskad energianvändning och den ekonomiska nyttan. Detta leder till frågeställningarna.

- Vilka förutsättningar krävs för att en modellerad kyrkspecifik styrstrategi ska vara ekonomiskt lönsam att implementera?
- Hur påverkar en modellerad kyrkspecifik styrstrategi energianvändningen vid uppvärmning jämfört med styrmetoder i kyrkor utan elprisstyrning?
- Hur kan ett batterilager komplettera en kyrkspecifik styrstrategi ur ett energi- och kostnadsperspektiv?

## 2 Material och metoder

### 2.1 Fakta om kyrkorna

Ysby, Norra Hestra och Ny kyrka har valts ut som pilotkyrkor. Dessa skiljer sig åt avseende storlek och byggnadsmaterial vilket framgår i tabell 1. Kyrkorna är belägna i olika elprisområden vilket möjliggör en jämförande analys under varierande marknadsförhållanden.

Tabell 1: *Utvalda pilotkyrkor*

| Kyrka        | Län            | Material | Storlek [kvm] | Elprisområde |
|--------------|----------------|----------|---------------|--------------|
| Ysby         | Hallands län   | Tegel    | 308           | 4            |
| Norra Hestra | Jönköpings län | Trä      | 201           | 3            |
| Ny           | Värmlands län  | Tegel    | 231           | 3            |

Källa: Svenska kyrkan (2025a); Svenska kyrkan (2024); Svenska kyrkan (2026).

## 2.2 Data

Studien baseras på data från JEFF Electronics och Svenska kyrkan som består av drift- och klimatdata, energidata samt ekonomisk data. Drift- och klimatdata har erhållits från respektive kyrka och utgörs av historiska mätningar från fastigheterna som innehåller innetemperatur, utetemperatur och relativ luftfuktighet. Energidatan innehåller historiska elpriser från Nordpool via Elpriset just nu (2026), effektuttag och energianvändning i fastigheterna. För att möjliggöra en relevant jämförelse mellan faktiskt drift och simulering har även elfakturor per månad från Svenska kyrkans fastigheter inkluderats.

## 2.3 Förutsättningar

Kyrkor är ofta uppbyggda av material som kännetecknas av hög termisk tröghet vilket innebär att temperaturen förändras långsamt över tid. Detta skapar förutsättningar för att kunna styra uppvärmningen utifrån variationer i elpris utan att inomhusklimatet påverkas direkt.

Luftfuktigheten i kyrkan måste alltid hållas inom ett bestämt intervall. Detta är något som gäller oavsett hur mycket uppvärmningen kostar eftersom det är av yttersta vikt att kulturarvet aldrig skadas vilket för hög eller låg luftfuktighet kan orsaka (Airwatergreen, 2024). Ytterligare ett krav är att temperaturen ska vara tillräckligt hög för att säkerställa komfort när kyrkan används. Efter hänsyn till ovan nämnda krav har en modell utvecklats för att genom simulation undersöka hur en styrstrategi med elprisstyrning kan påverka energiförbrukningen och uppvärmningskostnaden i kyrkor.

## 2.4 Modell

Modellen har utvecklats med programmeringsspråket Python och inspiration har tagits från JEFF Electronics styralgorithm, se Delrapport 1 för fullständig kod. Den utvärderas på de tre pilotkyrkorna. Datan för 2025 omfattar utetemperaturer, fukthalt och elpriser. För att beräkna den effekt som värmesystemet måste tillföra för att uppnå en viss temperaturförändring använder modellen kyrkans värmekapacitet (C) och värmegenomgångskoefficienten (U). Dessa parametrar baseras på rådande inne- och utetemperaturer och används för att timvis uppdatera nästa timmes innetemperatur utifrån balansen mellan tillförd effekt och värmeförlust.

Eftersom styralgoritmen implementerades först under 2026 saknas helårsdata för den faktiska driften med den nya styralgoritmen. Modellen valideras därför mot verkliga mätdata från mars 2026 och därefter simuleras hela 2025 i modellen. Den verkliga förbrukningen från 2025 jämförs med den simulerade förbrukningen för att undersöka skillnader i kostnad och energianvändning.

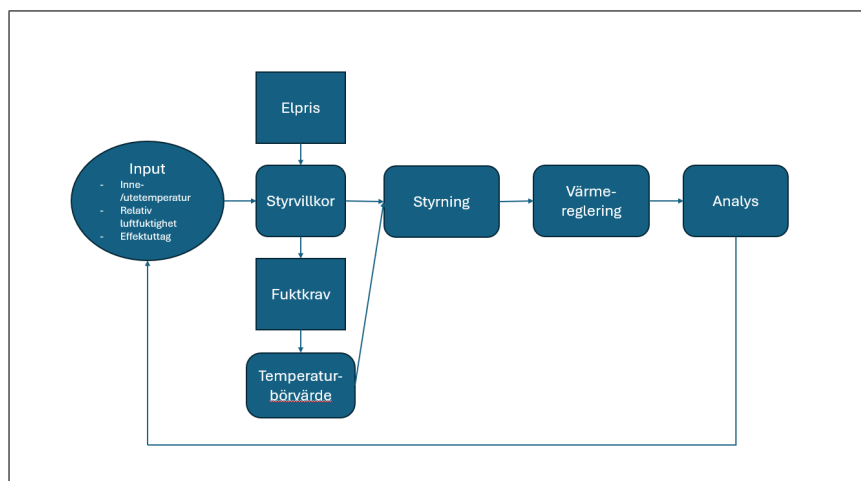
Då de historiska börtemperaturerna från 2025 inte tar hänsyn till elpriset har ett pythonskript skapats för att generera nya, dynamiska börtemperaturer<sup>1</sup>. Skriptet beräknar uteluftens fuktinnehåll och justerar inomhustemperaturen (10-18 °C) enligt Mollierdiagrammet för att hålla den relativa luftfuktigheten inomhus mellan 30 - 62 %. Ett Mollierdiagram är ett diagram som representerar förhållandet mellan entalpi, temperatur och

---

<sup>1</sup>Börtemperatur är den temperatur som systemet är inställt på att uppnå och bibehålla.

luftfuktighet vilket gör att den optimala temperaturen kan beräknas för att hålla den relativa luftfuktigheten inom det angivna intervallet (Swegon, u.å). Dessutom tillämpas en sommarspär som stänger av uppvärmningen helt om utetemperaturen överstiger 17 °C. Utöver detta har ett villkor implementerats som innebär att kyrkorna värms upp en gång i veckan genom att höja börtemperaturen till 18 grader under 9 timmar för att få en mer verklighetstrogen bild över kyrkornas användning.

För att optimera uppvärmningen jämförs det aktuella eltimpriset kontinuerligt med ett rullande 19-timmars medelvärde enligt uppgifter från JEFF Electronics. Medelvärdet beräknas genom att det aktuella elpriset adderas ihop med elpriserna från  $\pm 9$  timmar och divideras därefter med 19. Värmen slås på om innetemperaturen är lägre än börtemperaturen och elpriset är minst 10 % billigare än medelvärdet, eller om fukthalten inomhus kräver det. Strategin utvärderas genom en iterativ beräkning med timvisa tidssteg för hela 2025 där kyrkans termiska tröghet simuleras med en temperaturderivata på 0,5 °C per timme. Temperaturförändringen ger en ökning vid aktiv uppvärmning och en minskning vid avstängning. Om bör- och inomhustemperaturen är lika hålls temperaturen konstant vilket under kalla månader kan kräva att värmen är på. Den timvisa energianvändningen multipliceras slutligen med det aktuella elpriset för att generera den totala energikostnaden för hela året. Temperaturderivatan och procentsatsen för vad som ansågs som ett billigt elpris är parametrar där olika värden testats och diskuterats fram. Känslighetsanalyser genomfördes på parametrarna för att se hur resultatet förändrades när paramterarna ökade och minskade i värde, se avsnitt 3.7 i rapporten. Nedan visas i figur 1 en systemskiss som visar förenklat hur modellen ser ut, vilka metoder som sker och att det är en iterativ process.



Figur 1: *Systemskiss som förenklat beskriver modellens steg.*

## 2.5 Effekttariffer och elpriser

För att främja ett effektivt nätutnyttjande genom att reducera effekttoppar<sup>2</sup> införs effekttariffer i form av en extra avgift. Denna består av en fast del, en rörlig del samt en abonnemangsavgift (Energiföretagen, 2025).

<sup>2</sup>Månadens högsta elanvändningstillfällen.

I detta arbete har vi utgått från Ellevios beräkningsmodell för effekttariffer. Deras effekttariff baseras på medelvärdet av månadens tre högsta effekttoppar, förutsatt att dessa infaller på tre olika kalenderdagar. Under timmarna mellan 22.00-06.00 räknas endast halva effekttoppen. Den rörliga avgiften är 81,25 kr/(kW·månad) (Ellevio, 2026). Medelvärdet av  $n$  antal värden kan beräknas enligt ekvation 1.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

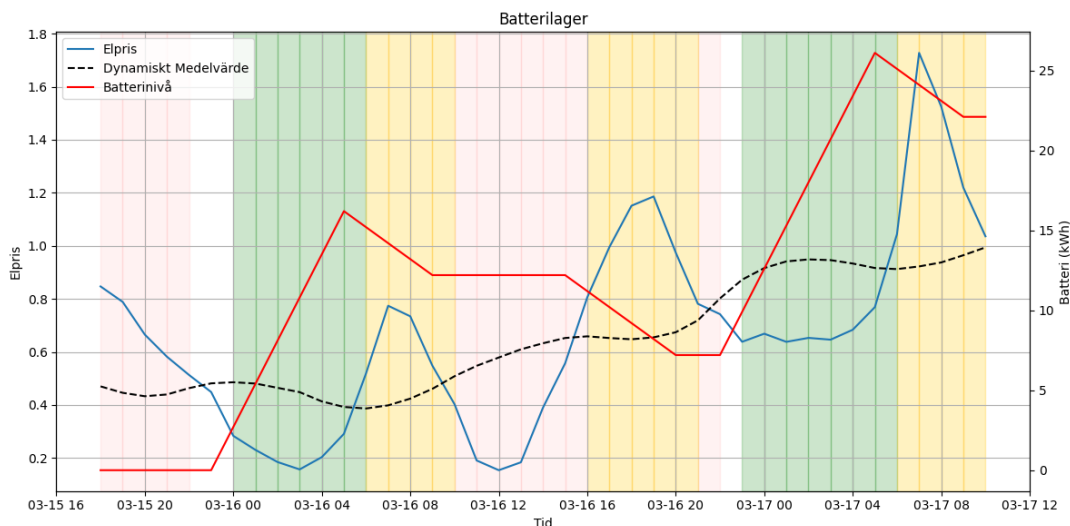
Det finns flera typer av elavtal. Fast pris innebär en bunden kostnad per kWh medan medelspotpris baseras på månadens genomsnittliga marknadspris. Spotpris innebär i sin tur att elen prissätts utifrån det exakta marknadspriset vid inköpstillfället. Den nya styrstrategin är optimerad för spotpris och förutsätter därför att kyrkorna har ett spotprisavtal.

## 2.6 Batterilager

En förenklad modell av ett batterilager utvecklades baserat på timvis elprisdata och den kyrkspecifika styrstrategin. Modellen implementerades i Python och parametreras med avseende på batterikapacitet, verkningsgrad, laddeffekt samt elprisdata. Batteriets kapacitet antogs vara 30 kWh och verkningsgraden 90 %. Styrstrategin baserades på en jämförelse mellan aktuellt timpris och det rullande medelvärdet över 19 timmar. Laddning av batteriet startar när elpriset understeg det rullande värdet med en marginal på 10 %. Utöver detta infördes ett tidsvillkor där uppladdning endast tilläts mellan kl. 22:00 och 06:00 vilket möjliggör större inköp för uppladdning av batterilager, i enlighet med antaganden baserade på effekttariffer enligt Ellevios beräkningsmodell (Ellevio, 2026). Urladdning av batteriet skedde vid tillfällen då elpriset var högre än det rullande medelvärdet. Simuleringen av batterilagret redovisas i figur 2.

Syftet med batterilagret var att undersöka om batteriet kunde minska inköpt el vid höga elpriser samt reducera effekttoppar. Modellen ska ses som en principiell simulering snarare än en fullständig investeringsanalys.

Batteriets laddningsnivå representeras av den röda linjen medan elpriset visas med den blå linjen och det rullande medelpriset med den streckade linjen. Den gröna zonen indikerar perioder av uppladdning enligt givna kriterier, den gula zonen visar när batterier används (urladdning) och den röda zonen markerar perioder utan varken laddning eller urladdning.



Figur 2: Exempel på hur ett batterilager anpassat utifrån den kyrkspecifika styrstrategin skulle kunna användas. Simulerat under tre dagar utifrån modellen för batterilager.

## 2.7 Effektbehov

För att modellera kyrkornas effektbehov användes en grey-box modell. Modellen etableras genom att kombinera fysikalisk förkunskap med statistiska metoder där information hämtas från uppmätt data (Bacher, 2011).

De fysikaliska sambanden som användes tar inspiration från en förenklad energibalansmodell för byggnaders termiska beteende som presenteras av Andersen m.fl.(2000). Det slutliga modelluttrycket för energibalansen ges av ekvation 2. Samtliga härledningar av ekvationer för att beräkna effektbehovet redovisas i Delrapport 2.

$$P = C \frac{dT}{dt} + U(T_{inne} - T_{ute}) \quad (2)$$

I ekvation 2 representerar  $P$  effektbehovet [W],  $C$  byggnadens värmekapacitet [J/K],  $U$  värmeöverföringskoefficienten [W/K],  $T_{inne}$  innetemperaturen [°C] och  $T_{ute}$  utetemperaturen [°C]. Genom att kombinera uppmätt data för tillförd effekt, innetemperatur och utetemperatur med de fysikaliska sambanden i ekvation 2 skattas kyrkornas värmekapacitet ( $C$ ) och värmeöverföringskoefficient ( $U$ ) med hjälp av linjär regression. De framtagna parametrarna används för att beräkna kyrkornas effektbehov ( $P$ ) vid olika temperaturförändringar och möjliggör en timvis simulering av effekten för olika tidsperioder.

## 2.8 Scenarioanalys

För att kunna få ett mer trovärdigt resultat utförs en scenarioanalys med olika elpriser som framställs med Monte Carlo-simulering. Denna analys beskriver då olika scenarion på hur styrstrategin kommer att reagera på förändringar som den framtida omställningen kan orsaka och utefter det kunna undersöka lönsamheten. En Monte Carlo-modell med Mean Reversion har tillämpats och den använder historisk data från 2025 som bas för att generera två statistiska möjliga elprisscenarier. Simuleringen utgår från det sista timpriset

under 2025 för att säkerställa en realistisk startpunkt i tidsserien. Tidsserien är fördelad mellan årstiderna och eftersom en ren Monte Carlo simulering bygger på slumpmässiga rörelser används det historiska medelvärdet som en ankarpunkt (Mean Reversion). Detta innebär att modellen korrigerar extrema prissvängningar genom att matematiskt dra priset tillbaka mot genomsnittet vilket skapar en mer verklighetstrogen prisutveckling över tid.

Prisernas svängningsmönster definieras genom beräkning av historisk volatilitet. Detta görs genom att analysera den procentuella förändringen mellan varje timme och därefter beräknas standardavvikelsen. Genom att dela upp tidsserien i årstider ökar modellens precision. Det möjliggör att modellen tar hänsyn till elmarknaden historiskt vilket uppvisar högre volatilitet och prisnivåer under vintermånaderna jämfört med sommarhalvåret.

## 2.9 Känslighetsanalys

För att undersöka modellens robusthet och resultatets känslighet för förändringar av olika parametrar genomförs en känslighetsanalys. I analysen varierar procentavvikelsen och temperaturförändring systematiskt. Procentavvikelsen är det som anser ifall elpriserna är dyra eller billiga och är en del i modellen som avgör när kyrkan ska värmas upp. Avvikelsen är given vid 10 % och har ändrats till både 5 %, 15 % och 20 %. Temperaturförändringen per timme i modellen var angiven till 0,5 grader och har ändrats till 1, 1,5 och 2 grader. Genom att analysera variationerna kan det identifieras vilka parametrar som har störst påverkan på utfallet samt i vilken utsträckning modellens resultat förändras vid olika antaganden.

## 2.10 Antaganden

Antaganden har gjorts på vår modell vid tillfällen där datan varit otillräcklig. I modellen har ett antal parametrar lagts till för att kunna få fram ett mer rimligt och verklighetsbaserat resultat. Två av dessa parametrar är baslasten<sup>3</sup> som har satts till 10 % av den totala effekten i kyrkan och temperaturförändringen i kyrkorna under uppvärmning som har satts till 0,5 grader per timme. Användningsfrekvensen av kyrkorna har också antagits i vår modell till en gång i veckan mellan kl 8-17 då det behöver vara varmare i kyrkan vid användning. Ytterligare ett antagande i vår modellen är procentavvikelsen som ska uppfyllas för att elen ska anses tillräckligt billig för att köpas. Slutligen så har antagandet gjorts att samtliga pilotkyrkor använder sig av Ellevios elavtal.

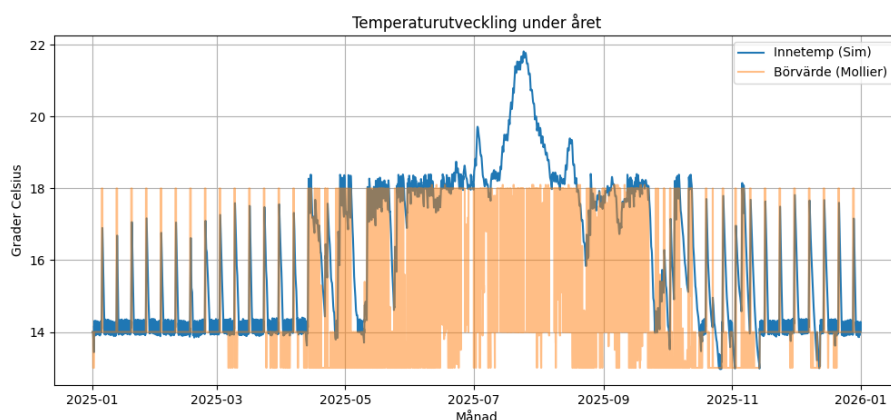
---

<sup>3</sup>Energi som inte går till uppvärmning, exempelvis lampor.

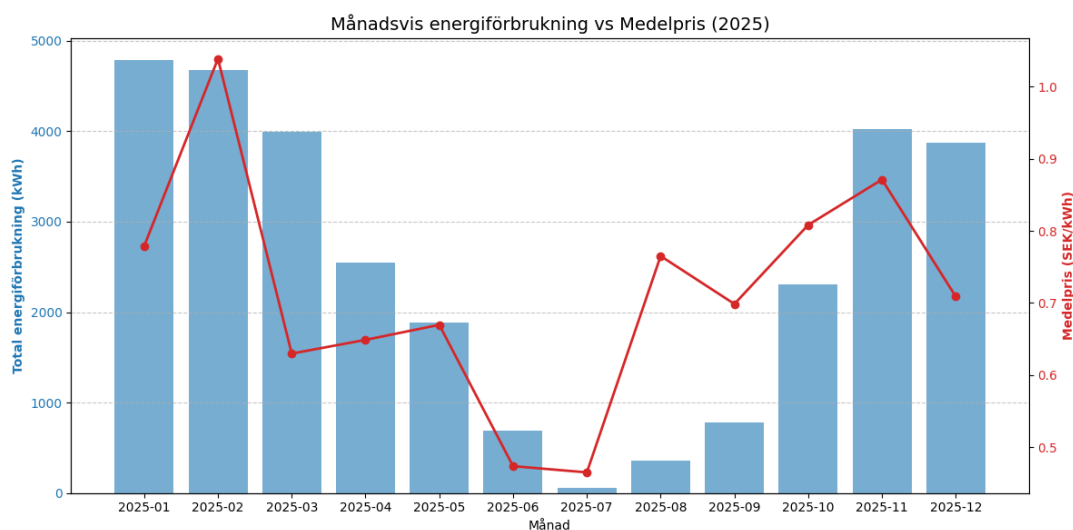
## 3 Resultat

### 3.1 Ysby kyrka

Figur 3 och 4 visar resultatet av simuleringen för Ysby kyrka. Figur 3 visar hur inomhustemperaturen förändras med börvärdet. Under de varmaste perioderna på sommaren avviker inomhustemperaturen från börvärdet. Figur 3 visar även att höjningen av temperaturen till 18 °C en dag i veckan under de kallare månaderna är avgörande för att kunna vistas i kyrkan, då temperaturen annars är kring 14 °C. Figur 4 visar energianvändningen under varje månad under året, tillsammans med medel-elpriset för varje månad.



Figur 3: Ysby kyrka temperaturutveckling 2025.



Figur 4: Energiförbrukning för Ysby kyrka och månadsvis medelpris för el i SE4.

I tabell 2 finns energiförbrukning, energikostnader och effektkostnader med och utan den modellerade styrstrategin för 2025. Både mängden energi och energikostnader minskar i simuleringen som genomfördes. Kyrkans C- och U-värde presenteras även i tabellen.

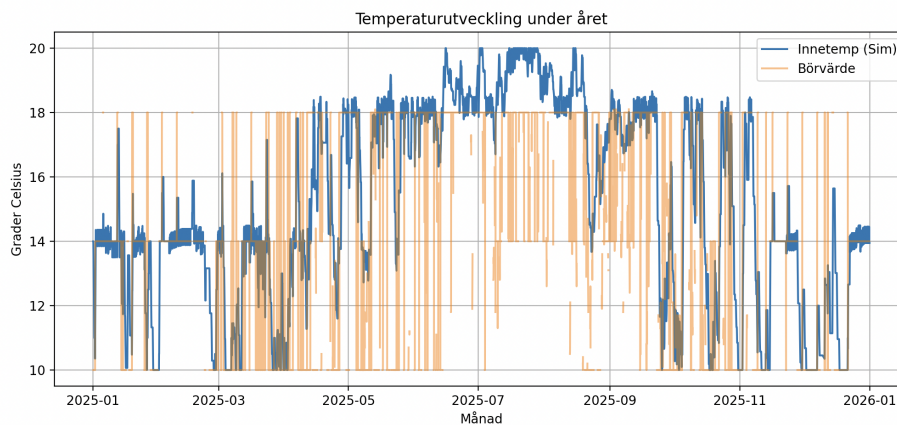
Tabell 2: *Ysby kyrka jämförelse 2025.*

| Parameter           | Utan styrstrategi | Med styrstrategi |
|---------------------|-------------------|------------------|
| Energi [kWh]        | 32 200            | 30 000           |
| Energikostnad [SEK] | 30 200            | 21 300           |
| Effektkostnad [SEK] | Data saknas       | 29 300           |
| U - värde           | -                 | 527              |
| C - värde           | -                 | 252 000 000      |

I Ysby kyrka är energianvändningen cirka 7 % lägre och energikostnaden ungefär 30 % billigare med den simulerade styrstrategin.

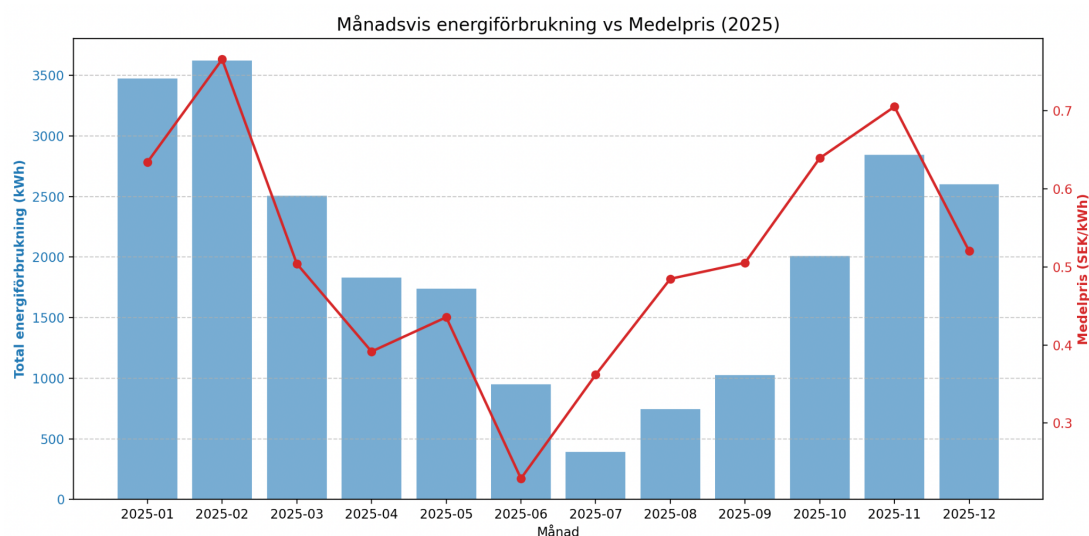
### 3.2 Norra Hestra kyrka

I figur 5 illustreras temperaturutvecklingen för Norra Hestras kyrka under 2025, där den simulerade inomhustemperaturen visas i förhållande till det givna börvärdet.



Figur 5: *Norra Hestra kyrka temperaturutveckling 2025.*

I figur 6 illustreras Norra Hestra kyrkas förhållande mellan den totala energiförbrukningen och det genomsnittliga elpriset per månad i SEK/kWh.



Figur 6: *Energiförbrukning för Norra Hestra kyrka och månadsvis medelpris för el i SE3.*

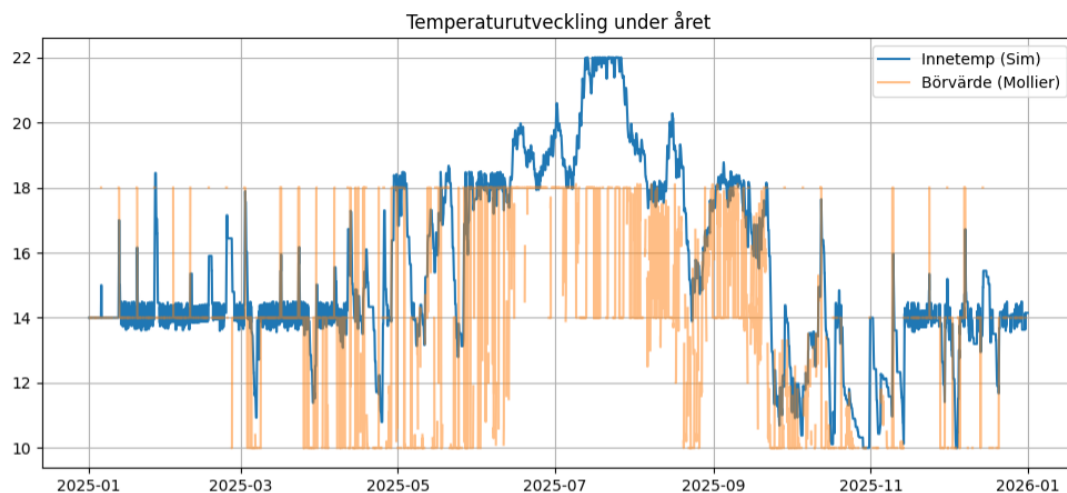
Tabell 3: *Norra Hestra kyrka jämförelse 2025.*

| Parameter               | Utan styrstrategi | Med styrstrategi |
|-------------------------|-------------------|------------------|
| Energiförbrukning [kWh] | 14 500            | 23 700           |
| Energikostnad [SEK]     | 9 100             | 14 000           |
| Effektkostnad [SEK]     | Data saknas       | 10 500           |
| U - värde               | -                 | 342              |
| C - värde               | -                 | 39 400 000       |

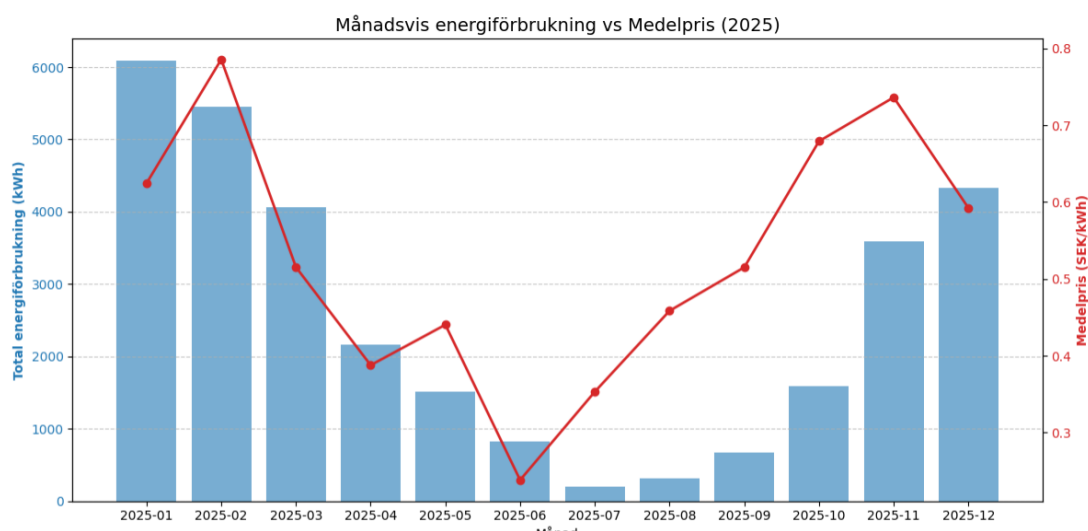
I Norra Hestra kyrka är energianvändningen och energikostnaden cirka 57 % högre respektive 39 % dyrare under 2025 med den simulerade styrstrategin. Detta redovisas i tabell 3.

### 3.3 Ny kyrka

Resultatet från simuleringen för Ny kyrka presenteras i figur 7 och 8.



Figur 7: *Ny kyrka temperaturutveckling 2025.*



Figur 8: *Energiförbrukning för Ny kyrka och månadsvis medelpris för el i SE3.*

Tabell 4: *Ny kyrka jämförelse 2025*

| Parameter               | Utan styrstrategi | Med styrstrategi |
|-------------------------|-------------------|------------------|
| Energiförbrukning [kWh] | 44 000            | 30 800           |
| Energikostnad [SEK]     | 33 500            | 19 200           |
| Effektkostnad [SEK]     | 35 500            | 16 300           |
| U - värde               | -                 | 535              |
| C - värde               | -                 | 68 600 000       |

Tabell 4 visar att den modellerade styrstrategin resulterar i en energibesparing på 30 % samt en minskning av energikostnaden med 43 %. Effektkostnaden blev 19 200 kr billigare i simuleringen.

### 3.4 Effekttariffer

Effektanvändningen i Ysby kyrka simulerades med styrstrategin för november och december 2025 och jämfördes med referensfallet utan styrstrategin från uppmätt data. Tabell 5 redovisar medelvärdet av de tre högsta effekttopparna under november och december 2025, med och utan styrstrategin. I tabell 6 redovisas de 10 högsta effekttopparna under november 2025 med och utan styrstrategin. Medelvärdet av effekttopparna och antalet höga effektvärden är större vid simuleringen vilket. Styrstrategin resulterar i att medelvärdena av de tre högsta effekttopparna ökar med 12 % under november och med 2 % under december med styrstrategin.

Tabell 5: *Medelvärde för de tre högsta effekttopparna i Ysby kyrka under november respektive december 2025 med och utan styrstrategin.*

| Tidpunkt                        | Medelvärde av effekttoppar [W] |
|---------------------------------|--------------------------------|
| November 2025 utan styrstrategi | 14 300                         |
| November 2025 med styrstrategi  | 16 000                         |
| December 2025 utan styrstrategi | 15 700                         |
| December 2025 med styrstrategi  | 16 000                         |

Tabell 6: *De 10 högsta effekttopparna under november 2025 med och utan styrstrategin i Ysby kyrka.*

| Effekttopp | Högsta effekttopparna utan styrstrategi | Högsta effekttopparna med styrstrategi |
|------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|
| 1          | 14 900                                  | 16 000                                 |
| 2          | 14 700                                  | 16 000                                 |
| 3          | 13 200                                  | 16 000                                 |
| 4          | 13 200                                  | 16 000                                 |
| 5          | 13 100                                  | 16 000                                 |
| 6          | 12 900                                  | 13 500                                 |
| 7          | 12 600                                  | 12 000                                 |
| 8          | 12 400                                  | 11 700                                 |
| 9          | 12 000                                  | 11 000                                 |
| 10         | 10 900                                  | 10 000                                 |

### 3.5 Batterilager

Baserat på antagandet att batterilagret har kapacitet att kapa de sju högsta effekttopparna redovisade i tabell 6 till nivåer under det tionde högsta värdet, kommer beräkningen av medelvärdet istället att omfatta det åttonde, nionde och tionde högsta värdet. Dessa medelvärden beräknas med hjälp av ekvation 1 och redovisas i tabell 7 tillsammans med prisskillnaden mellan medelvärdet innan och efter kapning. Prisskillnaden beräknas med 81,25 kr/kW (Ellevio 2026).

Tabell 7: Medelvärdet av de tre högsta effekttopparna samt medelvärdet av åttonde, nionde och tionde högsta effekttopparna för Ysby kyrka under november 2025, med och utan styrstrategin. Beräkningarna är baserade på värdena redovisade i tabell 6.

| Effekttoppskapning med batterilager     | Utan styrstrategi | Med styrstrategi |
|-----------------------------------------|-------------------|------------------|
| Medelvärde effekttoppar 1, 2 och 3 [W]  | 14 300            | 16 000           |
| Medelvärde effekttoppar 8, 9 och 10 [W] | 11 800            | 10 900           |
| Differens [W]                           | -2 500            | -5 100           |
| Prisskillnad [SEK]                      | -203              | -414             |

Under förutsättning att besparingen per månad motsvarar utfallet för november 2025, kan ett batterilager minska årskostnaden med cirka 5 000 kr vid tillämpning av styrstrategin. Motsvarande siffra för ett värmestyrssystem utan styrstrategin är cirka 2 400 kr per år.

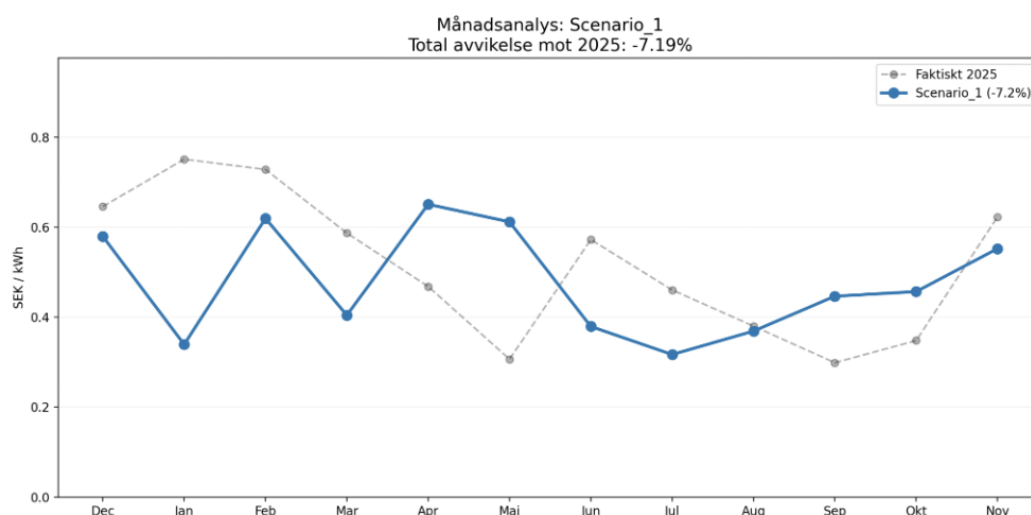
### 3.6 Scenarioanalys Norra Hestra kyrka

#### 3.6.1 Scenario 1

I tabell 8 och figur 9 presenteras resultatet från scenariot där elpriserna minskat med 7,2 % jämfört med 2025. Detta ledde till att energiförbrukningen ökade med 5 %. Trots att kyrkan förbrukade mer energi, sjunker energikostnaden med ca 12 %.

Tabell 8: Resultat för energiförbrukning och energikostnad för Norra Hestra kyrka med elpriser som har minskat med 7,2 % jämfört med 2025.

|            | Energi [kWh] | Energikostnad [SEK] |
|------------|--------------|---------------------|
| Verklighet | 23 700       | 14 000              |
| Scenario 1 | 25 500       | 12 400              |



Figur 9: Elpriserna från scenario 1 jämfört med de faktiska elpriserna från 2025.

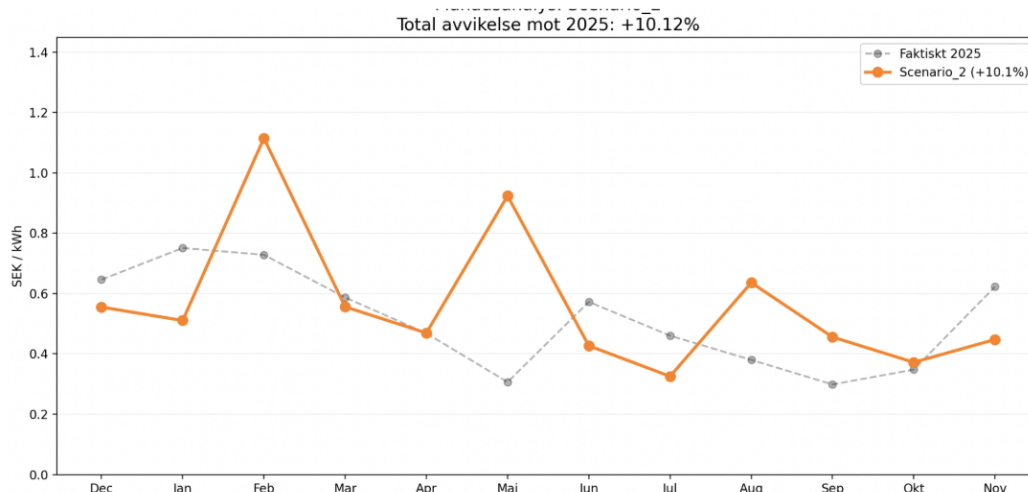
#### 3.6.2 Scenario 2

I scenario 2 har elpriset ökat med 10 %, vilket resulterade i att energiförbrukningen ökade med 10 % samt att energikostnaden ökade med 7 %. Detta presenteras i tabell 9 och figur

10.

Tabell 9: Resultat för energiförbrukning och energikostnad för Norra Hestra kyrka med elpriser från scenario 2.

|            | Energi [kWh] | Energikostnad [SEK] |
|------------|--------------|---------------------|
| Verklighet | 23 700       | 14 000              |
| Scenario 2 | 26 100       | 15 000              |



Figur 10: Elpriserna från scenario 2 jämfört med de faktiska elpriser från 2025

### 3.7 Känslighetsanalys Norra Hestra kyrka

Ändring av temperaturderivatan I tabell 10 redovisas hur energiförbrukningen och energikostnaden i Norra Hestra kyrka påverkas när parametern "temperaturförändring" varierar mellan 0,5 och 2 °C i timmen.

Tabell 10: Resultat genom ändring av temperaturökning.

| Ändring av temperaturförändring | 0,5°C/h | 1°C/h  | 1,5°C/h | 2°C/h  |
|---------------------------------|---------|--------|---------|--------|
| Energi [kWh]                    | 23 700  | 25 200 | 26 200  | 26 900 |
| Energikostnad [SEK]             | 14 000  | 14 600 | 15 100  | 15 400 |

Ändring av procentavvikelse. I tabell 11 redovisas hur energiförbrukningen och energikostnaden påverkas när procentavvikelsen varierar mellan 5 - 20 %.

Tabell 11: Resultat genom ändring av temperaturökning.

| Ändring av avvikelse procent | 5 %    | 10 %   | 15 %   | 20 %   |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Energi [kWh]                 | 23 600 | 23 700 | 23 900 | 23 900 |
| Energikostnad [SEK]          | 13 800 | 14 000 | 14 100 | 14 100 |

## 4 Diskussion

Simuleringen av den modellerade styrstrategin uppvisade ett varierat resultat. För Ysby och Ny kyrka minskade både energianvändning, energikostnader och effektkostnader. Norra Hestra fick ett motsatt resultat med en ökning i både energianvändning och kostnad.

Det varierande resultatet kan till stor del bero på att kyrkornas faktiska användning under 2025 kan skilja sig från hur de mättes i simuleringen. Då det saknas information om hur kyrkorna används i verkligheten, gjordes ett antagande att de används en dag i veckan. Detta bedöms som ett rimligt antagande för verksamheten men det medför också en felkälla i analysen. Norra Hestras höga värden skulle därför kunna bero på en för hög frekvent användning i modellen jämfört med verkligheten. Detta kan förklara varför simuleringen visar en högre energianvändning än den verkliga datan för 2025. Den modellerade styrstrategin kan i teorin vara effektiv men i simuleringen framstår den som mer energikrävande på grund av den intensiva användningen som modellen har räknat med.

Kyrkornas storlek kan också ha en inverkan på hur väl den modellerade styrstrategin fungerar. Ysby kyrka är den största kyrkan av de tre, därefter kommer Ny kyrka och den minsta är Norra Hestra. Resultatet indikerar att styrstrategin är mer lämpad i en kyrka av större storlek. Byggnadsmaterial och isoleringsförmåga skapar också skilda förutsättningar. Norra Hestra, som är en träkyrka, har det lägsta U-värdet vilket gör att den har högst isoleringsförmåga. Trots detta visade simuleringen en försämring i både energianvändning och kostnad för denna kyrka. Detta tyder på att byggnadsmaterialet och dess termiska massa <sup>4</sup> har en betydande inverkan på styrstrategins effektivitet. Tegelryrkorna har ett högre U-värde men en tyngre konstruktion som kan lagra värme bättre. Denna förmåga att lagra värme i byggnadskroppen verkar vara en viktig faktor för att den nya styrstrategin ska fungera framgångsrikt.

Slutligen har kyrkornas geografiska placering och tillhörande områden analyserats. Då studien begränsats till elområde 3 och 4 kan inga generella slutsatser dras för hela landet men resultatet ger ändå en tydlig indikation. Ysby kyrka ligger i elområde 4 medan Ny kyrka och Norra Hestra tillhör elområde 3, se tabell 1. Eftersom Ny och Norra Hestra kyrka uppvisade motstridiga resultat trots att de delar samma elområde tyder det på att modellen i slutändan styrs mer av de byggnadstekniska faktorerna och användningen än av elområdet den tillhör.

Andra studier visar att implementering av styrsystem leder till energibesparingspotential. Friberg och Sessman (2011) har analyserat energianvändningen av en ekonomibaserad energistyrstrategi och kommit fram till att både energianvändningen och energikostnaden blir lägre efter implementering av styrstrategin. De har inga siffror på energianvändningen men energikostnaden minskade med ca 66%, vilket är mer besparing jämfört med våra resultat på 30% och 43% besparingar för två av kyrkorna samt 57% dyrare för en av kyrkorna. Rasku m.fl. (2023) har också undersökt kostnadsbesparingarna för en ekonomisk modell för uppvärmning i byggnader baserat på timpriser för el. Deras resultat blev en besparing på 3,1 - 17,5% vilket är lägre besparingar jämfört med resultatet från två av våra kyrkor och mer besparing jämfört med en av våra kyrkor.

---

<sup>4</sup>Materialets förmåga att lagra värme.

## 4.1 Effekttariffer

Tabell 5 och 6 visar att de simulerade effektvärdena är högre än vad effektvärdena är hos referensfallet utan styrstrategin. Detta skulle medföra högre effekttraffskostnader till följd av ett högre medelvärde av effekttopparna. Systemet bör därför inkludera kontrollfunktioner som begränsar effektuttaget för att minimera risken för skjutande tariffkostnader. Om ett maxvärde gällande effektuttaget skulle införas kan man se till att effekttopparna inte blir så pass höga att de medför högre kostnader. Det bör dock noteras att simuleringen endast omfattar vintermånaderna november och december och att utfallet skulle kunna vara annorlunda för exempelvis sommarmånaderna.

## 4.2 Batterilager

Om batterilagret används för att reducera månadens sju högsta effekttoppar till nivåer under det tionde högsta värdet, uppstår en kostnadsminskning i båda systemen. Resultaten redovisade i tabell 7 indikerar att batterilagret används mer effektivt för att kapa effekttoppar i ett system med styrstrategin än i ett styrsystem utan den kyrkspecifika styrstrategin. Den beräknade besparingen med batterilager uppgår till ca 414 kr för november vid användning av styrstrategin vilket motsvarar ungefär 5000 kr per år om samma besparing antas varje månad. Utan styrstrategin motsvarar besparingen ca 203 kr för november vilket motsvarar ungefär 2400 kr per år. Det bör dock understrykas att denna analys uteslutande fokuserar på effektkapning. Resultatet tar inte hänsyn till batterilagrets potential att optimera elkostnader genom att minska inköp av el när priset anses högt.

Samtidigt bygger beräkningarna på förenklade antaganden om att ett batterilager har tillräckligt med kapacitet och effekt för att kapa de sju högsta effekttopparna till en nivå under det tionde högsta värdet. Därav bör resultatet inte tolkas som en faktisk dimensionering av ett batterilager utan mer som en uppskattning under givna antaganden. En annan begränsning i modellen är att endast en månad används som grund för årsuppskattning. Eftersom effektuttag och uppvärmningsbehov varierar under året kan besparingen inte antas vara konstant över året. Sammantaget indikerar analysen på att ett batterilager implementerat tillsammans med den kyrkspecifika styrstrategin har en teoretisk potential till att minska effektkostnaderna.

## 4.3 Scenarioanalys

Scenarioanalysen visar hur förändringar i elmarknaden, i form av prissänkningar respektive prisökningar, påverkar Norra Hestras kyrkas energianvändning och energikostnad. Det som är värt att notera med scenarioanalysen är att energiförbrukningen är högre i båda scenarierna, trots att elpriset minskar i det ena och ökar i det andra. Detta tyder på att de simulerade körningarna har elpriser som är billigare under de timmar då energin köps jämfört med utfallet från 2025. En förklaring till detta kan vara att det i båda de simulerade fallen finns en större prisvariation över dygnet jämfört med 2025.

När det kommer till energikostnaden blir prisskillnaderna tydliga. I scenario 1, där det har skett en prissänkning, sjunker kostnaden trots att mer energi förbrukas. Det tyder på att simuleringen har lyckats styra förbrukningen till dygnets billigaste timmar. I scenario 2 stiger kostnaden, vilket är en naturlig följd av det generellt högre elpriset, men ökningen dämpas till viss del av systemets flexibilitet.

## 4.4 Känslighetsanalys

Känslighetsanalysen visar hur mycket temperaturen tillåts förändras över tid, samt procentavvikelsens variation. Temperaturförändring är en viktig parameter för systemets styrning. Även om denna parameter är avgörande för hur systemet agerar i stunden, visar analysen att modellen i sin helhet är stabil. De förändringar som görs i temperaturderivatan ger inga dramatiska eller orealistiska utslag på det slutgiltiga årsresultatet för energiförbrukning och kostnad.

Gällande procentavvikelsens påverkan visar tabell 11 att modellen har en hög robusthet mot förändringar i denna parameter. Detta innebär att mindre variationer i just procentavvikelsen inte ger några stora eller oförutsägbara effekter på den totala energiförbrukningen och energikostnaden, vilket stärker modellens tillförlitlighet.

## 4.5 Osäkerheter och upptäckter

Det finns en osäkerhet gällande vad som inkluderas i energiförbrukningen och effektanvändningen i kyrkorna som använts till jämförelse. Jämförelsedatan från kyrkorna år 2025 inkluderar troligtvis mer än bara uppvärmningen inuti kyrkorna. Därmed har en uppskattning av andelen energi som används till enbart uppvärmning gjorts utifrån den uppmätta energianvändningen. Detta kan därför skilja sig från verkligheten.

Det upptäcktes även att en av pilotkyrkorna hade ett elavtal med medelspotpris istället för spotpris. Implementeringen av denna styrstrategi har alltså inte haft någon relevant betydelse för denna kyrka. Användning av elfakturorna som jämförelsedata kan därmed ge en orättvis jämförelse.

Mellan 27/11-25 och 15/03-26 renoverades fönster, port och dörr i Ysby kyrka. Arbetet medförde tillfälligt ökade värmeförluster och en högre energianvändning än normalt. Detta utgör en felkälla, vilket innebär att den tillgängliga jämförelsedatan riskerar att vara missvisande för byggnadens ordinarie drift.

Valideringen av resultaten har varit utmanande till följd av begränsad tillgång till tydlig och fullständig information. Vid framställningen av modellen hade det varit värdefullt med ytterligare data från 2026 för kalibrering, samt historisk effektdata från 2025 för jämförelse med simuleringsresultaten. Under arbetets gång identifierades dessutom praktiska svårigheter med att samla in underlag från olika församlingar, vilket belyser en intressant aspekt av att bedriva projekt inom större organisationer. Dessa hinder kring informationsdelning, både internt och i samverkan med externa aktörer är sannolikt inte unika för denna specifika rapport. Det är ett strukturellt problem som kan antas förekomma i många andra organisationer med självständiga enheter där centraliserad datalagring saknas.

## 4.6 Användning av AI

Under arbetets gång har AI-baserade verktyg använts som stöd i projektet. Det har främst fungerat som ett bollplank vid idéutveckling och strukturering av arbetet. Det har även hjälpt till att hitta relevanta sökord och potentiellt trovärdiga källor för vidare informationssökning. Kod och text som presenteras i arbetet har tagits fram av projektets

gruppmedlemmar, varefter AI i vissa fall har använts som ett verktyg för språkgranskning och förbättring av materialet. Information genererad av AI har inte använts utan att först kontrolleras mot andra källor.

## 5 Slutsatser

Utifrån simuleringen och analysen kan flera slutsatser dras. Studien visar att den modellerade styrstrategin minskade energianvändningen och energikostnaden för två av tre kyrkor. Kyrkorna som minskade energianvändning och energikostnad med styrstrategin hade gemensamt att de är tegelkyrkor av större storlek. Enbart god isoleringsförmåga är inte tillräckligt för att strategin ska vara ekonomiskt eller energimässigt lönsam, vilket resultatet från Norra Hestra kyrka visar.

Simuleringen visar att styrstrategin ger högre effekttoppar vilket medför en högre effekttariffkostnad. Strategin bör därför kompletteras med en effektkontroll för att minska höga effektuttag och begränsa tariffkostnaderna. Batterilager kan minska effektkostnader genom att kapa effekttoppar. Resultatet indikerar på att batterilager bör ses som ett komplement till den kyrkspecifika styrstrategin i syfte att minska kostnader för effekttariffer, snarare än en tydlig åtgärd. En mer fullständig analys krävs för att avgöra om ett batterilager är en rimlig investering.

## Referenser

- Airwatergreen (2024). Optimalt inneklimat i kyrkor: vägledning från Lunds Stift <https://airwatergreen.com/2024/03/optimalt-inneklimat-i-kyrkor-vagledning-fran-lunds-stift/>. [Hämtad 15 juni 2026]
- Andersen, K., Madsen, H. och Hansen, L. (2000). Modelling the heat dynamics of a building using stochastic differential equations. *Energy and Buildings*, 31, s. 13–24. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778898000693>
- Bacher, P. och Madsen, H. (2011). Identifying suitable models for the heat dynamics of buildings. *Energy and Buildings*, 43, s. 1511–1522. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811000491>.
- Ellevio (2026). Elnätspriser för villa och radhus. <https://www.ellevio.se/abonnemang/elnaetspriser/hus/>. [Hämtad 7 maj 2026]
- Elpriset just nu (2026). Spotpris idag. <https://www.elprisetjustnu.se/>. [Hämtad 21 april 2026]
- Energimyndigheten (2025). Sveriges energi- och klimatmål. <https://www.energimyndigheten.se/om-oss/om-energimyndigheten/energimyndighetens-uppdrag/sveriges-energi--och-klimatmal/>. [Hämtad 16 april 2026]
- Friberg, S. och Sessman, M. (2011). Energieffektivisering av ett styr- och reglersystem i en kyrkobyggnad. Högskolan i Halmstad, Institutionen för ekonomi och teknik. [https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-4870&pid=diva2%3A428409&c=4&searchType=SIMPLE&language=sv&query=kyrka+energi&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author\\_sort\\_asc&sortOrder2=title\\_sort\\_asc&onlyFullText=false&sf=all](https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=-4870&pid=diva2%3A428409&c=4&searchType=SIMPLE&language=sv&query=kyrka+energi&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=all).
- Lindblom, J. och Sandö, P. (2015). Styrstrategier för inneklimat i kyrkor. IVL, Svenska miljöinstitutet. <https://www.svenskakyrkan.se/Sve/Bin%3%A4rfiler/Filer/Slutrapport%20f%C3%B6r%20projektet%20MINK%20-%20Mikrobiologisk%20inventering%20i%20kyrkor.pdf>. [Hämtad 16 juni 2026]
- Naturskyddsföreningen (2025). Energieffektivisering viktig del av omställningen. [https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/energieffektivisering-viktig-del-av-omstallningen/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=20785478584&gclid=CjwKCAjw6MPRBhBTEiwAd-7Mr8OLPEt7CJe01E5\\_aGQQLPLbJWiYdFMAV19nQh0yHkcrha\\_Moe11yRoCj5QQAvD\\_BwE](https://www.naturskyddsforeningen.se/artiklar/energieffektivisering-viktig-del-av-omstallningen/?gad_source=1&gad_campaignid=20785478584&gclid=CjwKCAjw6MPRBhBTEiwAd-7Mr8OLPEt7CJe01E5_aGQQLPLbJWiYdFMAV19nQh0yHkcrha_Moe11yRoCj5QQAvD_BwE). [Hämtad 15 juni 2026]
- Naturvårdsverket (2026). Klimatet och bygg- och fastighetssektorn. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/>. [Hämtad 16 april 2026]

- Rasku, T., Lastusilta, T., Hasan, A., Ramesh, R. & Kiviluoma, J. (2023). Economic Model-Predictive Control of Building Heating Systems Using Backbone Energy System Modelling Framework. <https://doi.org/10.3390/buildings13123089>. *Buildings*, 13(12), 3089. [Hämtad 4 juni 2026]
- Svenska kyrkan (2018). Svenska kyrkans färdplan för klimatet. [https://www.svenskakyrkan.se/filer/1374643/F%c3%a4rdplan\\_klimatet\\_uppdatt\\_2024.pdf](https://www.svenskakyrkan.se/filer/1374643/F%c3%a4rdplan_klimatet_uppdatt_2024.pdf). [Hämtad 16 april 2026]
- Svenska kyrkan (2021). Batterilager och systemtjänster i Svenska kyrkan. Karlstad stift. <https://www.svenskakyrkan.se/filer/500074/Batterilager%20och%20systemtj%C3%A4nster%20i%20Svenska%20kyrkan%20final.p%20df.pdf>. [Hämtad 26 mars 2026]
- Svenska kyrkan (2024). Norra Hestra kyrka. <https://www.svenskakyrkan.se/norrahestra/norra-hestra-kyrka>. [Hämtad 20 april 2026]
- Svenska kyrkan (2025a). Om Ysby kyrka. <https://www.svenskakyrkan.se/hoks-pastorat/ysby-kyrka>. [Hämtad 20 april 2026]
- Svenska kyrkan (2025b). Ansvarsfull förvaltning av kyrkobyggnader. <https://www.svenskakyrkan.se/kulturarv-och-kyrkobyggnader/ansvarsfull-forvaltning>. [Hämtad 16 april 2026]
- Svenska kyrkan (2026). Ny kyrka. <https://www.svenskakyrkan.se/arvika/ny>. [Hämtad 20 april 2026]
- Verbeke, S. och Audenaert, A. (2018). Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, s. 2300–2318. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117312236>.
- Wessberg, M., Vyhliđal, T. & Broström, T. (2019). A model-based method to control temperature and humidity in intermittently heated massive historic buildings. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.024> *Building and Environment*, 159. [Hämtad 3 juni 2026]

## **6 Delrapporter**

### **6.1 Delrapport 1**

Kod i Python

### **6.2 Delrapport 2**

Modellering av effektbehov

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Alva Andersson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Elin Björklund har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Elis Ekeberg har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Marcus Linder har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Josefin Lindström har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Daniella Shima har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Teo Trulsson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Alfred Ädel Kronberg har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta